

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 13 AUG 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 30 963.2

Anmeldetag: 8. Juli 2003

Anmelder/Inhaber: REpower Systems AG, 22335 Hamburg/DE

Bezeichnung: Gründung für Bauwerke

IPC: E 02 D, E 04 H

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 15. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stenschus

EPO - DG 1
09. 08. 2004

(37)

REpower Systems AG

Flughafenstraße 54

D- 22335 Hamburg

Datum: 08.07.2003
Uns. Zeichen: EM03-023

Gründung für Bauwerke

Windenergieanlagen (WEA) haben in den letzten Jahren durch eine rasante technische Entwicklung Abmessungen und Gewichte erreicht, die zunehmend an der Grenze des technologisch machbaren sind. Rotordurchmesser deutlich über 100m, Turmhöhen von bis zu 130m u. Turmkopfmassen von 500t gehören heute zum Stand der Technik.

Insbesondere Turm und Gründung sind Bauteile, bei denen die Bauteilgröße zunehmend problematisch wird. Für den Straßentransport von den vorwiegend eingesetzten Stahlrohtürmen stellt ein Durchmesser von 4,3m in der Regel eine Grenze dar (Brückenhöhe), weiterhin begrenzen die zur Verfügung stehenden Walzwerke und Schweißverfahren die Wandstärke und auch den Durchmesser der verarbeitbaren, rundgewalzten Stahlbleche. Zusätzlich begrenzt auch das zulässige Transportgewicht von derzeit etwa 100t Stückgewicht die Abmessungen. Höhere Stückgewichte führen zu erheblich höheren Kosten.

Zunehmendes Interesse in der Windenergie gewinnt die Offshorenutzung, d. h. Windenergieanlagen werden in die See gestellt (vergleichbar mit Ölplattformen). Aufgrund der sehr viel höheren Installations- u. Wartungskosten steht die Offshorenutzung der Windenergie unter einem sehr starken Kostendruck. Die Gründung der Maschinen auf dem Meeresboden stellt hierbei einen erheblichen Kostenfaktor dar. Als besonders wirtschaftlich für mittlere Wassertiefen hat sich bislang die sogenannte

Monopile- (Einpfehl-) Gründung erwiesen, die vereinzelt auch für landgestützte Windenergieanlagen schon eingesetzt wird. Hierbei wird ein in der Verlängerung der Turmachse befindlicher Pfahl, in der Regel ein relativ dickwandiges Stahlrohr, im (Meeres-) Boden verankert. Dieser einzelne Pfahl muss bei großen Windenergieanlagen erhebliche Abmessungen besitzen, beispielsweise Durchmesser von über 5 Metern bei Längen von über 30 Metern. Es ist jetzt schon absehbar, dass in naher Zukunft Bauteile in der erforderlichen Größe nicht mehr herstellbar sind.

Die wirtschaftlichste Methoden zum Einbringen des Rohres in den Grund ist das Rammverfahren. Bei sandigen Böden ist auch das Spülverfahren bekannt. Bei felsigen Untergründen ist weiterhin das Bohrverfahren bekannt, bei dem dann der Monopile abhängig von der Bodenbeschaffenheit wahlweise mit einer betonartigen Masse (grout) in das Bohrloch einzementiert wird.

Eine ähnliche zementierte Verbindung ist bei den Offshore-Windenergieanlagen für den Übergang Monopile – Turm bekannt. Da die Oberseite des Monopiles insbesondere beim Rammverfahren uneben ist, sind sonst übliche Flanschverbindungen nicht möglich. Daher wird ein Übergangsrohr, welches am oberen Ende mit einem Flansch versehen ist, über den Monopile gestülpt. Dieses Übergangsrohr hat in der Regel deutlich Übermaß zum Monopile, so dass ein beim Einbringen des Monopiles entstandener Winkelfehler ausgeglichen werden kann. Nach Ausrichtung des Übergangstücks wird der Zwischenraum zwischen Übergangsstück und Monopile dann mit einer betonartigen Masse (grout) verfüllt. Das Füllmaterial dient hierbei nicht nur zum Ausfüllen des Hohlraums, sondern als Verbindungsmaterial (physikalische Adhäsion) zwischen den Bauteilen. Diese als „Betonverklebung“ bezeichnete Verbindung ist allgemein unter der Bezeichnung „grouted joint“ bekannt.

Insbesondere beim sehr wirtschaftlichen Rammverfahren sind die Abmessungen des Monopiles sowohl im Durchmesser als auch in den Wandstärken durch die zur Verfügung stehenden Rammen, die natürlich erhebliche Ausmaße aufweisen müssen, begrenzt. Außerdem kann ein hohes Gewicht des Monopiles zu unakzeptabel hohem Aufwand bei Handhabung und Transport führen.

Andererseits ist es aufgrund der enormen statischen und dynamischen Belastungen während der 20jährigen Lebensdauer einer WEA aus konstruktiver Sicht im allgemeinen wünschenswert, eine möglichst stabile und steife Struktur zu realisieren. Außerdem muss häufig die erste Eigenfrequenz des Bauwerks in einem zulässigen Frequenzfenster gehalten werden, welches durch die konstruktive Ausführung der sonstigen WEA vorgegeben ist. Insbesondere bei größeren Wassertiefen kann die Frequenzanforderung somit dazu führen, dass ein Monopile mit den zur Verfügung stehenden Grenzbemessungen nicht realisiert werden kann.

Bei größeren Wassertiefen gehören deshalb Dreibeingründungen (Tripods) und sogenannte Jackets (vier- oder mehrbeinige, zumeist als Fachwerkkonstruktion ausgeführte Plattformen, gängige Ausführung bei den Erdölplattformen) zu den bekannten Gründungsmöglichkeiten für Windenergieanlagen. Die Verankerung der „Füße“ kann über z.B. über Schwerkraft (Beton) als auch durch im Boden verankerte Pfähle erfolgen. Aufgrund des erheblich höheren Stahlverbrauchs sowie der Vielzahl der mit erheblichem Aufwand verbundenen Verankerungspunkte auf dem Meeresgrund sind diese Gründungen jedoch weit weniger wirtschaftlich als der Monopile. Weiterhin stellt die räumliche Ausdehnung unterhalb der Wasseroberfläche ein erhöhtes Risiko für Schiffskollisionen dar.

Pfahlförmige Gründungselemente sind weiterhin allgemein bekannt zur Gründung jeglicher Art von Gebäuden in nachgiebigen Untergründen. Üblich sind zu diesem Zweck Fertigpfähle aus Stahlbeton. Bekannt sind weiterhin, z.B. aus der DE 44 39 115 mehrteilige Pfähle aus Beton, die nacheinander teleskopartig in den Boden gerammt werden und bei denen die verbleibenden Hohlräume nacheinander mit Beton verfüllt werden.

Ziel der Erfindung ist eine generelle Reduzierung der Abmessungen und Gewichte der zur Gründung von Bauwerken, insbesondere auch von WEA, erforderlichen Gründungspfähle, um sowohl die Herstellung, als auch den Transport und die Einbringung in den Boden überhaupt zu ermöglichen, oder zumindest die

Wirtschaftlichkeit zu verbessern. Insbesondere ist die Ausdehnung des Einsatzbereiches der sehr wirtschaftlichen Monopile-Gründung von großem Interesse, wozu es gelingen muss, mit den zur Verfügung stehenden zulässigen Abmessungen von Gründungspfählen eine, die auftretenden Kräfte sicher übertragende, sehr steife und haltbare Konstruktion zu ersinnen.

Aufteilung der bei einer Bauwerksgründung zur Kraftübertragung in den Boden erforderlichen Struktur in mindestens zwei konzentrische Bauteile, die einzeln gefertigt, transportiert und in den Boden eingebracht werden, und erst dann mit einem (oder mehreren verschiedenen) Füll- oder auch Verbindungsmaterial(ien) miteinander verbunden werden.

Im folgenden ist mit dem Begriff Füllmaterial grundsätzlich auch die Funktion des Verbindens mit abgedeckt, da bei der erfindungsgemäßen Ausführung die Übergänge zwischen reinem Verfüllen und reinem Verbinden gleitend und von ein und dem selben Material abgedeckt sein können.

Mit der gemäß Anspruch 1 ausgeführten erfindungsgemäßen Ausführung der Gründung ist es somit möglich, bei gleichem Außendurchmesser die Wandstärke des Pfahls erheblich zu reduzieren, da ja der zusätzlich eingebrachte Innenpfahl zusätzliche Kräfte überträgt sowie versteifend wirkt. Umgekehrt ist es ebenfalls möglich, bei einer vorgegebenen Wandstärke den Außendurchmesser des (Außen-) Pfahls zu reduzieren, und somit bei großen Windenergieanlagen die Herstellbarkeit, Transportierbarkeit oder die Einbringung in den Boden (z.B. Rammen oder Bohren) zu ermöglichen. Da dieser neuartige Gründungspfahl praktisch aus zwei konzentrisch ineinander geschobenen, rohrförmigen Pfählen besteht, wurde der Begriff des „Duopile“ gewählt.

Aus wirtschaftlichen Gründen besonders vorteilhaft ist die Ausführung als Monopile (Einpahlgründung), was den zusätzlichen Vorteil bietet, dass von der einmal positionierten Ramme gleich beide Pfähle nacheinander konzentrisch in den Boden getrieben werden können, bzw. nur eine Bohrung im Grund erforderlich ist und beide Pfähle von einer Position aus in den Boden eingebracht werden können.

Bei größeren Bauwerken oder bei Offshore-WEA in größeren Wassertiefen sieht eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung die Verwendung der an sich bekannten Dreibein-Gründung (Tripod) vor, bei der jedes Bein jedoch nach dem erfindungsgemäßen Duopile-Prinzip gegründet ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der Zwischenraum der Rohre mit einem vorzugsweise nicht umweltgefährdenden Schüttgut, z.B. Sand oder Kies als Füllmaterial verfüllt, um eine Relativbewegung der Rohre unter eventuell auftretenden Belastungen zu vermeiden. Da ein Schüttgut weder Zug- noch Schubbelastung überträgt, dient das Füllmaterial in diesem Fall ausschließlich zur Füllung des Zwischenraumes und somit zur Fixierung der Rohre ineinander, nicht aber zur zusätzlichen Steifigkeitserhöhung des Gründungspfahls. Vorteil dieser Bauweise ist die insbesondere bei der Offshoreanwendung sehr einfache Demontage des Bauwerks nach Ablauf der Lebensdauer, indem nach Entfernung des gegründeten Bauwerks das äußere Stahlrohr im Bereich der Höhe des Meeresgrundes abgetrennt und aufgeholt wird, wobei das Schüttgut einfach zum Verbleib auf dem Meeresgrund freigesetzt wird. In einem zweiten Arbeitsgang kann dann das innere Rohr abgetrennt und aufgeholt werden.

Eine weitere, besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, das Füllmaterial zur Steifigkeitserhöhung des gesamten Pfahls zu nutzen, in dem es nach Art der aus dem Faserverbundbereich bekannten Sandwichbauweise die Schubübertragung zwischen zwei lasttragenden Materialschichten sicherstellt. Eine derartige Bauweise kann erzielt werden, in dem als Füllmaterial ein z.B. aus der Offshoretechnik bekannter hochfester Beton (grout) verwendet wird.

Um eine gute Verbindung des Füllmaterials mit den Stahlbauteilen sicher zu stellen, sowie die Übertragung der Schubspannung von den Stahlrohren in das Füllmaterial zu ermöglichen, können besondere Maßnahmen erforderlich werden. Eine Ausführungsform der Erfindung sieht es vor, ringförmige Materialanhäufungen an der Innenseite des Außenrohrs sowie der Außenseite des Innenrohrs auszubilden (so

genannte shear keys). Dies kann z.B. durch Aufschweißen von Stahlbändern oder besonders wirtschaftlich nur durch Auftragsschweißung erfolgen.

Eine besonders vorteilhafte Ausführung der Erfindung sieht es vor, zur Verbesserung der Anbindung Füllmaterial / Rohr auf der Außenseite des Innenrohrs in Längsrichtung verlaufende Stege aufzubringen. Komplementär hierzu werden auf der Innenseite des Außenrohrs ebenfalls in Längsrichtung Stege aufgebracht, die nach innen gerichtet sind. Die Anordnung der Stege wird dabei sinnvoller Weise so gewählt, dass sich im montierten Zustand entlang des Umfangs immer Stege vom Innenrohr und vom Außenrohr abwechseln.

Diese Anordnung hat weiterhin den entscheidenden Vorteil, dass mindestens drei der Stege dazu genutzt werden können, die beiden Rohre während des Montagevorgangs ineinander zu zentrieren, in dem die Höhe der Stege auf den Innen- bzw. Außendurchmesser des zugehörigen zweiten Rohres abgestimmt ist.

Zur weiteren Verbesserung der Anbindung Füllmaterial /Rohr kann es sinnvoll sein, in den rippenförmigen Bauteilen Aussparungen (Löcher) vorzusehen. Diese Maßnahme stellt auch eine gleichmäßige Verteilung des Füllmaterials während des Füllvorgangs sicher.

Bei besonders harten Böden kann es vorkommen, dass die Längsstege den Beanspruchungen des Rammverfahrens nicht standhalten würden. In diesem Fall sieht eine weitere Ausführungsform der Erfindung vor, mindestens drei Distanzstücke mithilfe eines Befestigungsmittels (Seil, Stange oder ähnliches) von oben in den Zwischenraum einzubringen. Die Distanzstücke können z.B. aus Kunststoff, metallischem Werkstoff, oder auch Holz gefertigt sein. Je nach Länge der Rohre kann es erforderlich sein, Distanzstücke an unterschiedlichen Positionen (bezogen auf die Längsrichtung der Pfähle) einzubringen.

Der Anschluss des Gründungspfahls an das restliche Bauwerk erfolgt vorzugsweise mit der an sich im Stand der Technik bekannten Betonverklebung (grouted joint). Eine

besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass der Durchmesser eines im wesentlichen rohrförmigen Übergangsstück so gewählt ist, dass es in den Zwischenraum zwischen Innen- u. Außenrohr geschoben werden kann. Nach Ausrichtung des Übergangsstücks kann dieses dann mittels der Betonverklebung (grouted joint) mit dem Innen- u. dem Außenrohr vorzugsweise in einem Arbeitsgang verbunden werden.

Vorzugsweise ist das Übergangsstück ebenfalls mit den oben erläuterten Mitteln zur Erhöhung der Schubübertragung zwischen Übergangsstück und Füllmaterial ausgestattet.

Alternativ kann der Übergang zum restlichen Bauwerk auch über im Stand der Technik üblicher Verbindungen, z.B. Flansch- oder Laschenverbindungen, usw. erfolgen.

Alle genannten Bestandteile der Erfindung sind insbesondere, aber nicht ausschließlich bei Offshore-Bauwerken von hohem wirtschaftlichen Nutzen.

Bestandteil der Erfindung ist nicht nur die Ausführung des erfindungsgemäßen Duopiles, sondern insbesondere auch das Verfahren zur Errichtung eines derartigen Gründungspfahls.

Hierzu ist es vorgesehen, in einem ersten Arbeitsschritt wahlweise entweder erst das Außenrohr oder erst das Innenrohr in den Boden einzubringen. In einem zweiten Arbeitsschritt wird dann das zum ersten Schritt komplementäre Rohr eingebracht. Wahlweise kann jetzt schon eine vollständige oder teilweise Verfüllung des Zwischenraumes erfolgen. In einem nächsten Arbeitsschritt wird dann das Übergangsstück montiert, welches prinzipiell in das Innenrohr geschoben werden kann, technisch weitaus sinnvoller aber außen über das Außenrohr oder noch vorteilhafter zwischen das Außen- u. das Innenrohr geschoben wird. In einem weiteren Arbeitsschritt wird (werden) dann der (die) Spalt(e) zwischen Duopilerohr(en) und Übergangsstück mit einem Füllmaterial verfüllt. Bei der bevorzugten Ausführung, bei der das Übergangsrohr in den Zwischenraum zwischen Außen- u. Innenrohr geschoben wird,

kann das Verfüllen der beiden Spalte gemeinsam oder auch nacheinander (in zwei Teilschritten) erfolgen. Auch kann es sinnvoll sein, das Füllmaterial im Spalt zum Innenrohr in einem etwas anderen Bereich beginnen und enden zu lassen als im Spalt zum Außenrohr. Auf diese Weise reduziert man den Steifigkeitssprung beim Übergang vom Duopile zum Übergangsstück.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung beinhaltet das Verfahren zusätzlich zum Verfüllen des (der) Spalt(e) zum Übergangsstück auch ein zumindest teilweises Verfüllen des Zwischenraums zwischen Innen- u. Außenrohr mit einem Füllmaterial oder auch mit verschiedenen Füllmaterialien. Dieses Verfüllen findet am zweckmäßigsten, aber nicht notwendiger Weise zwischen Schritt zwei und drei des oben beschriebenen Verfahrens statt.

Die dauerhafte Versiegelung des Spalts zwischen Gründungspfahl und Übergangsstück erfolgt vorzugsweise mit einem dauerelastischen Material in einem letzten Arbeitsschritt.

Die wirtschaftliche Einbringung der Duopile-Gründung erfolgt vorzugsweise mit dem Rammverfahren, soweit die Bodenbeschaffenheit dies zulässt. Andere Verfahren (z.B. Bohren) sind auch anwendbar.

Besonders sinnvoll ist das erfindungsgemäße Verfahren für Offshore-Bauwerke einzusetzen, da dort die logistischen Anforderungen, insbesondere auch bezüglich der erforderlichen Maschinen zum Einbringen der Pfähle in den Boden, wirtschaftlich zu erfüllen sind.

Bestandteil der Erfindung ist weiterhin auch ein Verfahren zur Demontage einer erfindungsgemäßen Gründung, welches insbesondere dann vorteilhaft ist, wenn der Zwischenraum zwischen Innen- u. Aussenpfahl im wesentlichen mit einem schüttfähigem, vorzugsweise nicht umweltgefährdenden Füllmaterial verfüllt worden ist.

Nachdem das Bauwerk und vorzugsweise auch das Übergangsstück demontiert wurden, erfolgt die Demontage der Gründung. In einem ersten Schritt wird hierzu der Außenpfahl des Duopiles etwa im Bereich der Höhe des Meeresgrundes abgetrennt, z.B. mit bekannten unterwassertauglichen Schneidbrennverfahren. Abhängig von den Auflagen der behördlichen Baugenehmigung kann im Bereich der Höhe des Meeresgrundes geringfügig unter dem Meeresgrund bedeuten (so dass zunächst Ausschachtarbeiten oder Freispülungen durchzuführen sind) oder auch bis zu einigen Metern über dem Meeresgrund, wo die Abtrennung mit den zur Verfügung stehenden Geräten am einfachsten durchzuführen ist.

In einem zweiten Schritt wird dann das Außenrohr aufgeholt, sodass das Füllmaterial nach unten auf den Meeresgrund austritt. Insbesondere bei einem sand- oder kiesartigen, nicht umweltgefährdenden Füllmaterial kann dieses auf dem Meeresgrund verbleiben. In einem dritten Schritt wird dann (eventuell nach erneuten Ausschachtarbeiten bzw. Freispülarbeiten) das Innenrohr im Bereich der Höhe des Meeresgrund abgetrennt und aufgeholt.

Da die erfindungsgemäße Gründung insbesondere im Bereich der Windenergienutzung besonders vorteilhaft einzusetzen ist, ist eine Windenergieanlage mit erfindungsgemäßer Gründung ausdrücklich Bestandteil der vorliegenden Erfindung.

Nachfolgend wird in den Abbildungen 1 – 2 die Erfindung weiter erläutert.

Figur 1 zeigt zwei bevorzugte Ausführungsvarianten der erfindungsgemäßen Gründung

Figur 2 zeigt einen Schnitt durch eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante.

Figur 1 stellt eine Anwendung der Erfindung als Gründung einer Offshore-WEA dar.

Dargestellt sind links und rechts der vertikalen strichpunktierten Symmetrielinie zwei unterschiedlichen Ausführungsformen der Erfindung, die in der Realität normalerweise rotationssymmetrisch ausgeführt sind. Bei WEA mit starken Hauptwind- bzw. Hauptwellenrichtung kann es aber auch sinnvoll sein, aus wirtschaftlichen Gründen über dem Umfang des Pfahls unterschiedliche Füllmaterialien zu verwenden (z.B.

preiswerter Kies in Nebenbelastungsrichtung und hochwertiges Füllmaterial (z.B. grout) in Hauptbelastungsrichtung).

Mit (1) bzw. (2) sind das Innen- sowie das Außenrohr bezeichnet, die in den Meeresboden eingebracht wurden.

In den Zwischenraum zwischen (1) u. (2) wird das Übergangsstück (3) geschoben, welches am oberen Ende mit einem üblichen Schraubenflansch als Verbindung zum weiteren Bauwerk (8) versehen ist. Bei der rechtsseitigen Variante 1 wird nur der Bereich der Betonverklebung zum Übergangsstück mit dem Füllmaterial (6) verfüllt, weshalb am unteren Ende des Übergangsstücks (3) beidseitig Dichtungen (4) zum Innen- u. Außenrohr angebracht sind. Derartige Dichtungen gehören zum Stand der Technik bei den Betonverklebungen (groutet joints). Dargestellt sind sie direkt nebeneinander, auf gleicher Bauwerkshöhe liegend. Um einen strukturell ungünstigen starken Steifigkeitssprung in der Struktur zu vermeiden, kann es sinnvoll sein, eine der beiden Dichtungen, z.B. die innere, etwas weiter unten anzuordnen, so dass der Übergang weniger abrupt erfolgt. Das gleiche gilt für das obere Niveau der Verfüllung. Auch hier kann es aus den genannten Gründen sinnvoll sein, z. B. den inneren Spalt weniger hoch zu befüllen als den äußeren.

Während des Montagevorgangs erfolgt die Abstützung und Ausrichtung des Übergangsstücks (3) auf dem Innenrohr (1) mithilfe von Stützkonsolen (5). Prinzipiell können die Stützkonsolen (5) sich auch außen auf dem Außenrohr (2) abstützen, aus Korrosionsschutzgründen ist die Anbringung auf der Innenseite jedoch sinnvoller. Nach Einbringung des Füllmaterials wird der verbleibende Spalt zwischen Übergangsstück (3) und Außenrohr (2) sinnvoller Weise mit einer dauerelastischen Masse (7) abgedichtet.

Variante 2 (linksseitig) zeigt die sowohl auf dem Innen- und Außenrohr (1) u. (2) als auch auf dem Übergangsstück (3) angebrachten, in diesem Beispiel ringförmig ausgeführten Mittel (9) zur Verbesserung der Anbindung zwischen Füllmaterial (6) und Rohren (1), (2) u. (3).

Falls durch die Mittel zur Erhöhung der Schubübertragung eine einfache Ausführung der in Variante 1 dargestellten Dichtungen (4) nicht möglich ist, kann der Zwischenraum zwischen den Rohren (1) u. (2) bis etwas unter dem Ende des Übergangstücks mit preiswertem, vorzugsweise nicht umweltgefährdendem Füllmaterial (10) (z.B. Sand oder Kies) verfüllt werden (die rechte der beiden dargestellten Alternative der Variante 2). Dann erst erfolgt die Einbringung des hochwertigen (und relativ kostspieligen) Füllmaterials für die Betonverklebung (grout). Weiterhin dargestellt ist in der Variante 2 eine unterschiedliche Füllhöhe des oberen Niveaus der Betonverfüllung zur Vermeidung von den oben beschriebenen starken Steifigkeitssprüngen.

Je nach den Erfordernissen des Standortes des Bauwerkes ist es aber auch wie oben ausgeführt alternativ, möglich, das Füllmaterial als tragenden Bestandteil des gesamten Gründungspfahls (je nach Einbringungsart bis zum Niveau des Meeresboden oder auch bis zum unteren Ende des Duopiles) auszuführen. In diesem Fall wird auf das untere preiswerte Füllmaterial (10) verzichtet, und der gesamte Zwischenraum mit dem hochwertigen Füllmaterial verfüllt.

In einer noch vorteilhafteren weil wirtschaftlicheren Ausführungsform der Erfindung kann aber auch das hochwertige Füllmaterial nur lokal dort, wo das Belastungsniveau besonders hoch ist (z.B. direkt über der Einspannung am Meeresboden oder im Übergangsbereich zum Übergangsstück, oder auch unterschiedlich abhängig von der Hauptbelastungsrichtung) eingebracht werden.

Figur 2 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung. Dargestellt ist ein Schnittbild des Innenrohrs (1) und des Aussenrohrs (2). Zur besseren Anbindung des Füllmaterials an die Rohre sind sowohl Innenrohr (1) als auch Aussenrohr (2) mit Stegen (11) versehen. Drei der am Innenrohr befestigten Stege sind in ihrer Höhe so bemessen, dass sie die Zentrierung der Rohre während des Einbringens in den Boden sicherstellen (12). Zur Verbesserung der Anbindung an das Füllmaterial können die

Stege mit Aussparungen versehen sein. Am unteren Ende können sie abgeschrägt sein, um die Einbringung in den Boden zu erleichtern.

Patentansprüche:

1. Gründung für ein Bauwerk, welche mindestens ein im oder auf dem Boden verankertes, aus einem im wesentlichen konzentrischen Innen- und Außenrohr bestehendes rohrförmiges Bauteil (Duopile) beinhaltet, dadurch gekennzeichnet, dass Innen- u. Außenrohr mit einem im wesentlichen umlaufenden Zwischenraum ineinander geschoben sind, wobei der Zwischenraum zumindest teilweise mit mindestens einem schütt- und/oder fließfähigen Füllmaterial verfüllt ist.
2. Gründung nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Gründung aus einem einzigen, im wesentlichen in der Verlängerung der Bauwerkshochachse stehenden Duopile ausgeführt ist.
3. Gründung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gründung als Dreibein (Tripod) ausgeführt ist, wobei jedes Bein als Duopile gegründet ist.
4. Gründung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Füllmaterial zumindest teilweise um ein vorzugsweise nicht umweltgefährdendes Schüttgut (z.B. Sand oder Kies) handelt.
5. Gründung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Füllmaterial um eine betonartige Masse (grout) handelt.
6. Gründung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Außenrohr auf der Innenseite sowie das Innenrohr auf der Außenseite mit Mitteln zur Erhöhung der Schubübertragung zwischen Rohr und Füllmaterial ausgestattet sind.
7. Gründung nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Erhöhung der Schubübertragung in Form von ringförmig auf die Rohre aufgetragenen Materialanhäufungen realisiert sind.
8. Gründung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Erhöhung der Schubübertragung aus mindestens drei parallel zur Längsachse des Duopiles orientierten, und mit einem der Rohre verbundenen Bauteilen (Stegen) bestehen.

9. Gründung nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens drei der Stege die Zentrierung von Innen- und Außenrohr gewährleisten.
10. Gründung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Zentrierung der Rohre während des Einbringvorgangs mindestens drei Distanzstücke über Verbindungsmittel dauerhaft oder temporär von oben in den Zwischenraum eingebracht werden.
11. Gründung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung von dem Duopile zum weiteren Bauwerk durch ein vorzugsweise rohrförmiges Übergangsstück erfolgt, welches am oberen Ende vorzugsweise über einen Schraubenflansch mit dem Bauwerk verbunden ist und am unteren Ende über eine Betonverklebung (groutet joint) mit dem Duopile verbunden ist.
12. Gründung nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Übergangsstück in den Zwischenraum zwischen Innen- u. Außenrohr geschoben wird.
13. Gründung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Übergangsstück mit Mitteln zur Erhöhung der Schubübertragung zwischen Übergangsstück und Füllmaterial ausgestattet ist.
14. Gründung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Bauwerk um eine Offshore-Bauwerk handelt.
15. Verfahren zur Einbringung eines, aus einem im wesentlichen konzentrischen Innen- und Außenrohr bestehenden, rohrförmigen Bauteils (Duopile) in den Boden zur Gründung eines Bauwerks, vorzugsweise einer WEA, wobei Innen- u. Außenrohr mit einem im wesentlichen umlaufenden Zwischenraum ineinander geschoben sind, und des weiteren die Verbindung zwischen Duopile und Bauwerk durch ein Übergangsstück realisiert wird, wobei das Übergangsstück mit einer Füllmasse mit dem Duopile verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass
 - in einem ersten Schritt das Außen- oder das Innenrohr in den Boden eingebracht wird
 - in einem zweiten Schritt das Innenrohr in das Außenrohr bzw. das Außenrohr über das Innenrohr geschoben und in den Boden eingebracht wird
 - in einem dritten Schritt ein Übergangsstück über, zwischen oder in den Duopile geschoben wird
 - und in einem vierten Schritt der/die Spalt(e) zwischen Duopile und Übergangsstück zumindest teilweise mit einer Füllmasse verfüllt wird.

16. Verfahren nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass in einem zusätzlichen Schritt, vorzugsweise zwischen Schritt zwei und drei, der Spalt zwischen Innen- u. Außenrohr zumindest teilweise mit mindestens einem Füllmaterial verfüllt wird.
17. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem zusätzlichen letzten Schritt der Übergang zwischen Duopile und Übergangsstück mit einer vorzugsweise dauerelastischen Masse gedichtet wird.
18. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Einbringen der Rohre durch das Rammverfahren und/oder Bohrverfahren erfolgt.
19. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um ein Offshore-Bauwerk handelt und die Pfähle in den Meeresgrund eingebracht werden.
20. Verfahren zur Demontage einer Bauwerksgründung mit einem schüttfähigem Füllmaterial nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass nach Entfernung des gegründeten Bauwerks
 - in einem ersten Schritt der Außenpfahl im Bereich der Höhe des Meeresgrundes abgetrennt wird
 - in einem zweiten Schritt der Außenpfahl aufgeholt wird, wobei das Füllmaterial nach unten auf den Meeresgrund freigesetzt wird
 - in einem dritten Schritt der Innenpfahl im Bereich in Höhe des Meeresgrundes abgetrennt und nachfolgend aufgeholt wird.
21. Verfahren nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Übergangsstück zwischen Gründung und Bauwerk erst in einem Zwischenschritt zwischen Schritt eins u. Schritt zwei demontiert wird.
22. Windenergieanlage mit einer Gründung nach einem der vorstehenden Ansprüche.

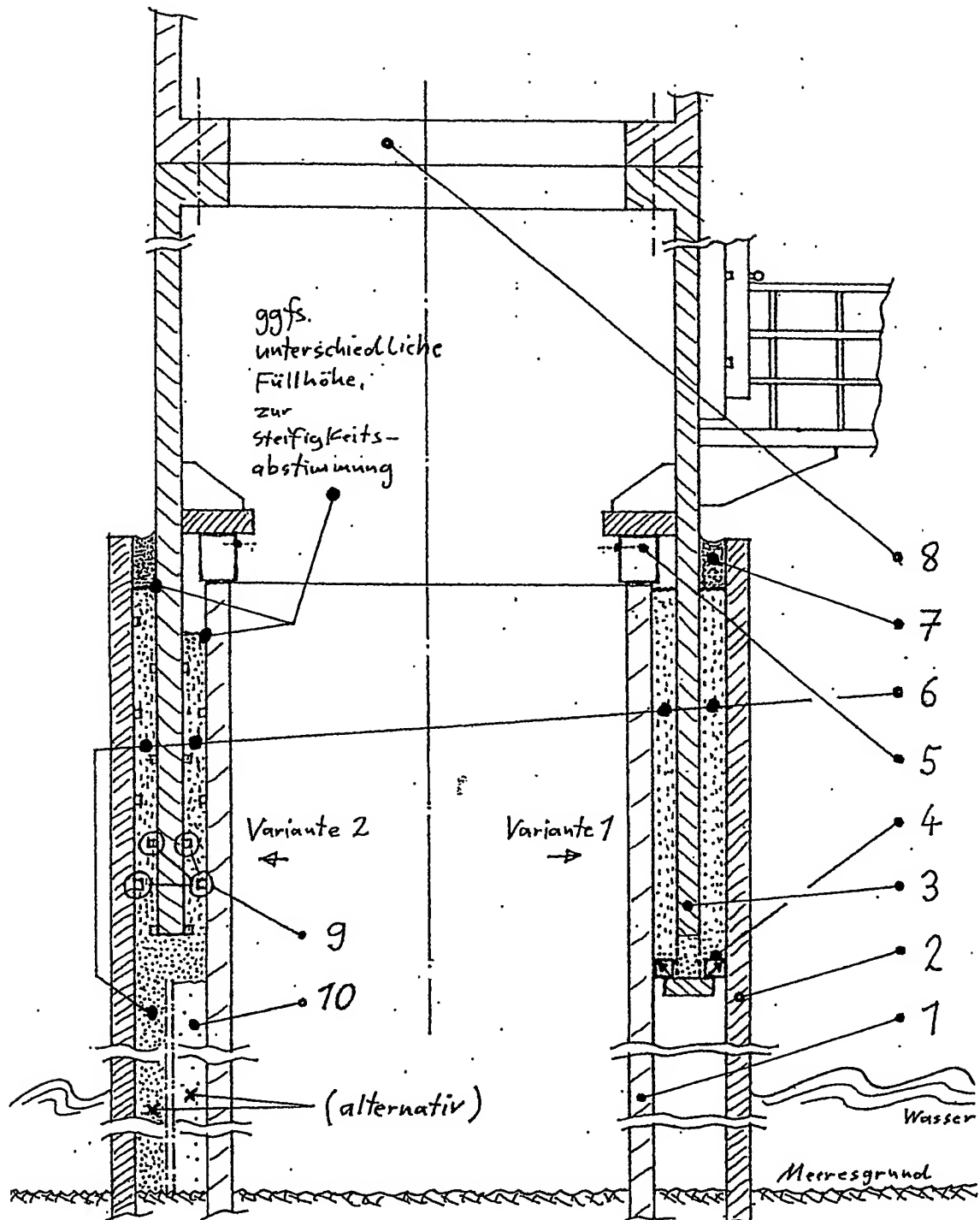


Fig 1

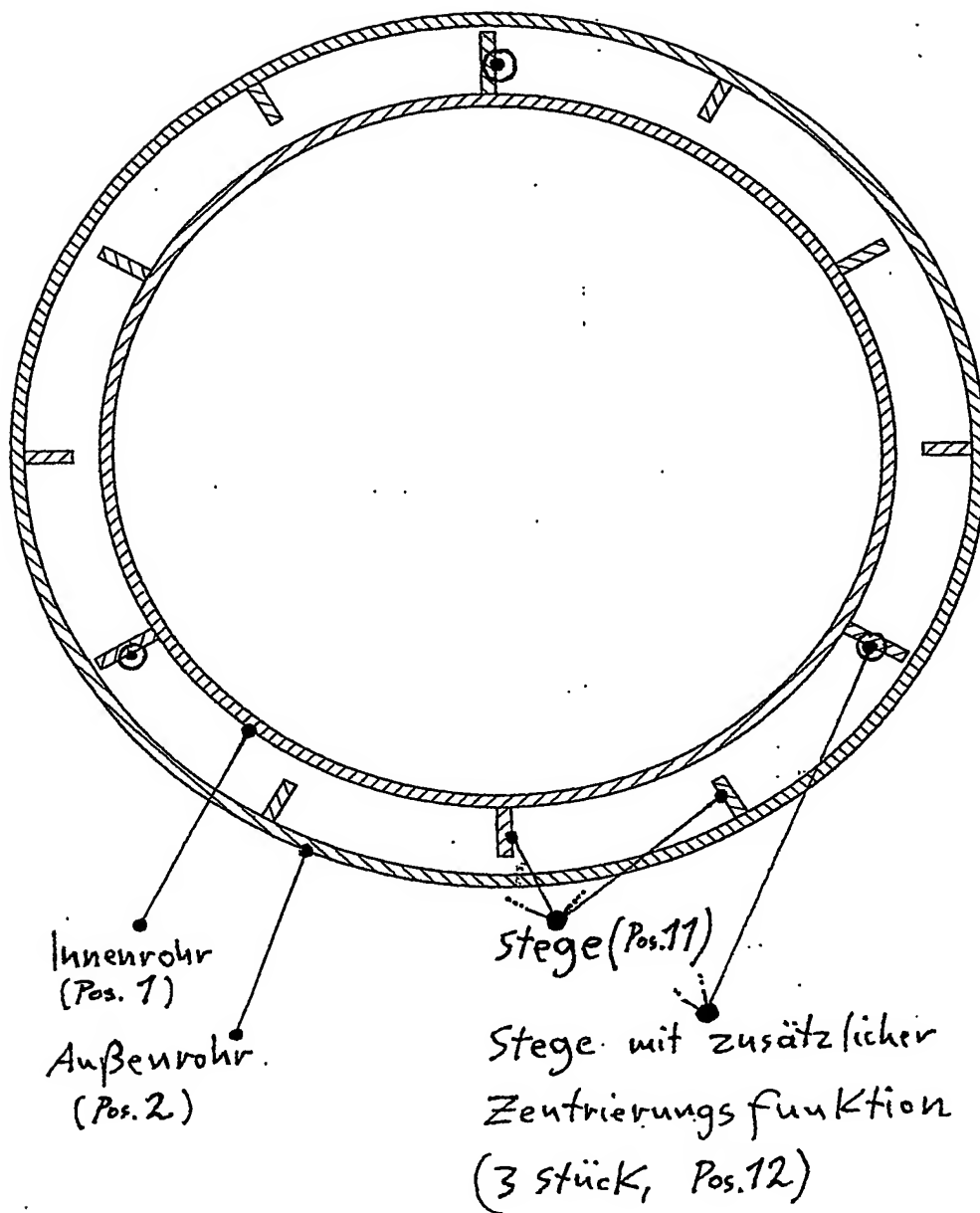


Fig 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.